

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-186995

(43) 公開日 平成8年(1996)7月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 7/63	3 0 3 V			
H 0 2 M 7/48	J 9181-5H			
	F 9181-5H			

審査請求 有 請求項の数 4 書面 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-340933

(22) 出願日 平成6年(1994)12月28日

(71) 出願人 593198706

株式会社システム・ホームズ  
東京都板橋区前野町6丁目2番3号

(72) 発明者 芳野 法象

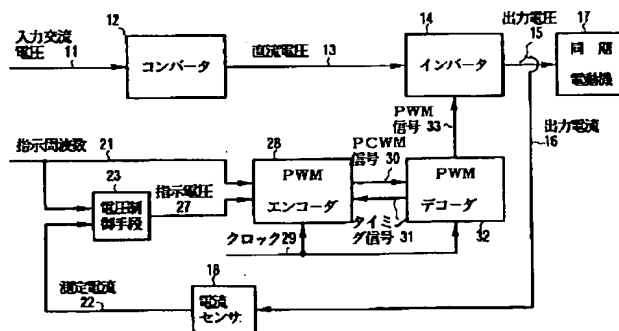
東京都板橋区常盤台1丁目25番8号

(54) 【発明の名称】 周波数変換装置

(57) 【要約】

【目的】 同期電動機には、その速度と負荷の大きさが与えられると、駆動する周波数変換装置の出力電圧と出力電流の最適な組合せが存在する。従来、一般に使用されている周波数変換装置においては、これらの二つの量を独立に、かつ同時に制御することができなかった。この発明は上記のような欠点を除去して、同期電動機のエネルギー効率の向上するためになされたものである。

【構成】 この発明は同期電動機にかかる負荷の大きさを連続的に測定する内臓センサを用いている。すなわち、周波数変換装置の指示電圧の大きさを、同期電動機に流入される交流電流の大きさの測定に基づいて実時間的に調節して、同期電動機のエネルギー効率の向上を図っている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 独立にその出力周波数と出力電圧とが制御でき、指示周波数と出力電流が与えられたとき、該出力電圧をあらかじめ決められた値を追従するように制御し、同期電動機をその効率がほぼ最適な動作点で動作させることができる周波数変換装置において、（１）商用電源の入力交流電圧を直流電圧に変換するコンバータと、（２）前記同期電動機の負荷量を決めるため、前記出力電流を測定する電流センサと、（３）前記同期電動機の効率測定試験に基づいて、前記指示周波数と、前記電流センサにより求めた測定電流との関数として、最適な効率の指示電圧を演算する電圧制御手段と、（４）前記指示周波数と前記指示電圧とを受け、これらを情報として保有しているパルス符号幅変調（PCWM）信号を、タイミング信号に基づき、実時間で作成して出力する PWM エンコーダと、（５）前記タイミング信号を前記 PWM エンコーダに与えることにより、前記 PCWM 信号を入力して復号し、パルス幅変調（PWM）信号を取り出す PWM デコーダと、（６）前記 PWM エンコーダおよび前記 PWM デコーダに供給するクロックと、（７）前記直流電圧を前記 PCWM 信号を復号した PWM 信号によって変調して前記出力電圧を作り、これを前記同期電動機に印加するインバータとを有することを特徴とする周波数変換装置。

【請求項 2】 特許請求の範囲第 1 項に記載の周波数変換装置において、前記電圧制御手段は、マイクロコンピュータに内蔵したソフトウェアにより構成し、前記電流センサが読み出す前記測定電流が増加するのに応じて、前記指示電圧を増加するようにプログラムし、前記同期電動機の効率を最適化するようにしたことを特徴とする周波数変換装置。

【請求項 3】 独立にその出力周波数と出力電圧とが制御でき、指示周波数と出力電流が与えられたとき、該出力電圧をあらかじめ決められた値を追従するように制御し、同期電動機をその効率がほぼ最適な動作点で動作させることができる周波数変換装置において、（１）商用電源の入力交流電圧を直流電圧に変換するコンバータと、（２）前記同期電動機の負荷量を決めるため、前記出力電流を測定する電流センサと、（３）前記出力電圧を測定する電圧センサと、（４）前記同期電動機の効率測定試験に基づいて、前記指示周波数と、前記電流センサにより求めた測定電流との関数として、最適な効率の目標電圧を演算する電圧制御手段と、（５）前記目標電圧から、前記電圧センサにより求めた測定電圧を減算して電圧偏差を求めるための減算手段と、（６）前記電圧偏差を積分して指示電圧を設定し、前記測定電圧を前記目標電圧に一致させるための積分器手段と、（７）前記指示周波数と前記指示電圧とを受け、これらを情報として保有しているパルス符号幅変調（PCWM）信号を、タイミング信号に基づき、実時間で作成して出力する P

WM エンコーダと、（８）前記タイミング信号を前記 PWM エンコーダに与えることにより、前記 PCWM 信号を入力して復号し、パルス幅変調（PWM）信号を取り出す PWM デコーダと、（９）前記 PWM エンコーダおよび前記 PWM デコーダに、供給するクロックと、（１０）前記直流電圧を前記 PCWM 信号を復号した PWM 信号によって変調して前記出力電圧を作り、これを該同期電動機に印加するインバータとを有することを特徴とする周波数変換装置。

【請求項 4】 特許請求の範囲第 3 項に記載の周波数変換装置において、前記電圧制御手段、前記減算手段、および前記積分器手段は、マイクロコンピュータに内蔵したソフトウェアにより構成し、前記電流センサが読み出す前記測定電流が増加するのに応じて、前記目標電圧を増加するようにプログラムし、前記同期電動機の効率を最適化するようにしたことを特徴とする周波数変換装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は周波数変換装置に関し、特にその出力電圧のレベルを、出力電流のレベルに応じて実時間的に調節して、永久磁石式同期電動機をつねに効率最適点で動作させるようにしたことを特徴とする周波数変換装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の周波数変換装置は指示周波数を与えると、これとセットとなった一定の指示電圧（ $v/f$  パターン）が選択されるものが大部分であった。すなわち、第 1 図に示すように、指示周波数と指示電圧の組合せは、01 の直線で示される定トルク特性、02 の折れ線で示される低減トルク特性、03 の直線で示される定出力特性等、いくつかの折れ線関係のものの中から、一つまたは二つを組み合わせた所望の特性を手動スイッチにより選択するようになっている。従来の周波数変換装置にあつては、あらかじめ負荷の特性が知られたものについては、その負荷特性に一番適した  $v/f$  パターンを選択すれば、同期電動機の効率を最適値に近づけることができる。しかし、同期電動機をアクチュエータとして使用するときに、所望回転数や所望トルクが時間の関数として変化する場合、また、同期電動機を準定常的な動力の発生装置として使用する場合でも、負荷の特性が分からなかったり、変動したりする場合には、折れ線近似で指示周波数と指示電圧の組合せを与えてしまうと、同期電動機をしばしば最高効率の点からずれた点で運転することになり、入力電気エネルギーを有効に動力のエネルギーとして取り出すことができない。

【0003】 回転子に永久磁石を持った同期電動機の固定子に巻かれた巻線に、一定電圧の交流周波数を印加したとする。このとき固定子巻線に流れる電機子電流によって生じる回転磁界と、永久磁石が作る界磁との相互作用

用により、回転子にはトルクが働く。その結果、回転子は交流周波数に同期した速度で回転し、回転子に直結した負荷を駆動する。この同期電動機に与える電圧および電流の大きさの組合せが適正でないと、電動機の効率が悪化してしまう。すなわち、負荷の大きさに対して与える電圧が高すぎると、電動機の入力電流の位相が入力電圧に比べて進み、動力の発生にとっては無駄な鉄損（磁気回路のヒステリシス損）や銅損（巻線の抵抗損）が増える。これらの鉄損や銅損は電機子電流の大きさの平方にほぼ比例して増加する。次に、負荷の大きさに対して印加電圧が低すぎると、電動機の入力電流の位相が入力電圧に比べて遅れ、電流の絶対値が増加する。電機子電流の銅損によって、電動機に加える電力は相乗的に増加する。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】図2は実験に基づく結果で、その負荷条件が変化するとき、同期電動機から最高効率を引き出すための、周波数変換装置の $v/f$ パターンを示したものである。ここで、04の破線、05の一点鎖線、および06の実線はそれぞれ、重負荷、中負荷、軽負荷条件に対する最適な指示周波数に対する出力電圧の特性を表す。先に述べたことから明らかなように、同期電動機には、その速度と負荷の大きさが与えられると、周波数変換装置の最適な出力電圧と出力電流の組合せが存在するが、従来、一般に使用されている周波数変換装置においては、これらの二つの量を独立に、かつ同時に制御することができなかったため、効率の面で改善の余地があった。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明は上記のような従来の周波数変換装置の欠点を除去し、同期電動機のエネルギー効率を向上するためになされたものである。本実施例では、この試みを実現するため、同期電動機にかかる負荷の大きさを連続的に測定する内蔵センサを用いている。すなわち、周波数変換装置の指示電圧の大きさを、同期電動機に入力される交流電流の大きさの測定に基づいて調節して、同期電動機のエネルギー効率の向上を図っている。

#### 【0006】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図について説明する。図3で、11はこの周波数変換装置の入力交流電圧、12は入力交流電圧11を13の直流電圧に変換するためのコンバータ、13はコンバータ12から出力される直流電圧で、直流電圧13は14のインバータにより、15の出力電圧に変換される。このインバータ14は33のPWM信号により駆動される。出力電圧15を17の同期電動機に入力するとトルクを発生し、これに結合した負荷を駆動する。21の指示周波数と、22の測定電流の関数として、23の電圧制御手段は27の指示電圧を設定する。測定電流22は16の出力電流、す

なわち電動機電流を18の電流センサによって測定したものである。PWM信号33は、30のPCWM(Pulse Code Width Modulation)信号を、31のタイミング信号によって入力して復号することにより、32のPWM信号デコードから出力される。PCWM信号30は、指示周波数21と指示電圧23の関数として、28のPWM信号エンコーダによって実時間的に作られる。タイミング信号31は、29のクロックをPWMデコード32に与えて作る。クロック29はPWM信号エンコーダ28にも入力する。

#### 【0007】

【作用】いま図3で、指示周波数21の大小にかかわらず、同期電動機17に基準となる一定なトルク負荷が加えられているものと仮定する。従来の周波数変換装置では、この基準一定トルクが与えられるとき、指示電圧27は指示周波数21の関数として、図1の直線01が最適効率の軌跡として選択される。しかし、この特性はトルクが変動するときには向かない。この場合、本発明では図2に示した特性が得られるように、指示電圧27を測定電流22が増加するにつれて増加するように設定する。最適な指示電圧の値は、あらかじめ同期電動機の性能試験により、その速度と負荷を与えて、指示周波数と測定電流の関数として求めておくことができる。

【0008】次に、図4に、指示周波数が45Hzの場合を例にとり、出力電流16に対する出力電圧15の関係を示す。41の点線は、従来の周波数変換装置に用いられている、指示電圧27の設定が、与えられた負荷の大小に関係なく一定の場合の特性である。このとき、負荷が大きくなるにつれ、出力電流16が増加し、コンバータ12およびインバータ14の内部抵抗のために、出力電圧15のレベルが低下する。一方、負荷が小さくなるにつれ、出力電流16が減少し、出力電圧15のレベルは増加する。図4において、出力電流16がXの点に対応する値より小さい場合には、負荷のトルクに対して出力電圧15が大きすぎるため、必要以上の励磁電流が流れて、無駄な鉄損や銅損が増える。この傾向は負荷のトルクが小さくなるほど増大する。反対に、出力電流16がXの点に対応する値より大きい場合には、負荷のトルクに対して出力電圧15が小さすぎるため、励磁電流が不足して、過大な負荷電流が流れて二次銅損が相乗的に増加する。この傾向は負荷のトルクが大きくなるほど増大する。

【0009】負荷のトルクの値の如何にかかわらず、同期電動機17がつねに最適な効率を維持するためには、出力電流16と出力電圧15の関係が図4の42の実線が示すような比例関係にあることが望ましい。すなわち、従来の周波数変換装置では、出力電流16が増えるに従って出力電圧15のレベルが41の点線に沿って減少し、例えば、A点で示す動作点に至る。ここで、本発明に係わる周波数変換装置の能力を活用して、指示電圧

27のレベルを上げていくと、動作点は43の一点鎖線の軌跡に沿って、最適なB点で示す動作点へ移動する。このとき、出力電流16のレベルはA点に比べ減少し、周波数変換装置への入力電力も減少する。一方、従来の周波数変換装置では、出力電流16が減ると出力電圧15のレベルが41の点線に沿って増加し、例えば、C点で示す動作点に至る。ここで、本発明に係わる周波数変換装置の能力を活用して、指示電圧27のレベルを下げ

ていくと、動作点は44の一点鎖線の軌跡に沿って、最適なD点で示す動作点へ移動する。このとき、出力電流16のレベルはC点に比べ減少し、周波数変換装置への入力電力も減少する。このように、出力電流16が増減すると、これに呼応して出力電圧15も増減するため、両者の間の位相関係が適正に保たれ、負荷側の力率が最適化され、同期電動機の効率が上がる。

#### 【0010】

【他の実施例】図3の実施例においては、出力電圧15を希望値に近づけることができる。しかし、コンバータ12の入力電圧が変動する場合は出力電圧15を正確に制御することが難しい。このような場合に対応するため、図5に他の実施例を掲げた。ここで図3と同じ番号は同じ部分を示す。図2のテーブルにより24の目標電圧が与えられる。目標電圧24は出力電流16が与えられたときの理想的な出力電圧15の値である。19の電圧センサは出力電圧15、すなわち電動機電圧を測定し、25の測定電圧を出力する。35の減算器手段は目標電圧24から測定電圧25を減算して、36の電圧偏差を計算する。26の積分器手段はゲインKと37の初期値入力を持ち、電圧偏差36を積分して指示電圧27を出力することにより、測定電圧25を目標電圧24に一致させる。電圧制御手段23、減算器手段35、および積分器手段26はマイクロコンピュータのソフトウェアによって構成する。

【0011】図5の指示電圧27を演算するサブプログラムを、図6の流れ図を参照しながら、一定周波数の定常状態の場合について以下に説明する。図6の手順S1は出力電圧16を測定し、アナログーデジタル変換して、測定電流22を得る。手順S2は測定電流22が前回測定し記憶している値と異なるかどうか判断する。等しいときは、手順S4に行く。異なるときには、手順S3に進む。手順S3では電圧制御手段23により、指示周波数21と新しく更新した測定電流22の関数として、目標電圧24を演算して手順S4に進む。手順S4では出力電圧15を測定し、結果をアナログーデジタル変換して、測定電圧25を得て手順S5に進む。手順S5で、測定電圧25と目標電圧24の大きさが等しいときは、このサブプログラムを終了する。異なるときは、手順S6に進み両者の大きさを比べる。測定電圧25が目標電圧24より小さい場合は、手順S7に進み指示電圧27を定数Cだけ加算してサブプログラムを終え

る。また測定電圧25が目標電圧24より大きい場合は、手順S8に進み指示電圧27を定数Cだけ減算してサブプログラムを終える。

#### 【0012】

【発明の効果】このような構成と方法、すなわちマイクロコンピュータのソフトウェアと、周波数と電圧の任意の組合せを持ったPWM信号を発生することができるLSIとを併用することにより、図4の実線42で示されるような出力電圧と出力電流の関係が実現できる。したがって、装置のコストをかけずに、負荷側の力率をつねに最適化して同期電動機を最適な効率で運転でき、省エネルギーに寄与する。また、電圧制御により、過負荷の度合いが減少するため、マージンを減らして装置を小型化できる。図4の実線42で示される特性のために、この出願の発明の周波数変換装置は、負の内部抵抗をもった一種の電源装置と考えることもできる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来の周波数変換装置の指示電圧と指示周波数の関係を示した図。

【図2】いろいろな負荷状態に対して、同期電動機に最高効率を与える、周波数変換装置の出力電圧と指示周波数の関係を出力電流をパラメータにとって示した図。

【図3】本発明に係わる周波数変換装置の一つの構成を示したブロック図。

【図4】従来の周波数変換装置と本発明に係わる周波数変換装置について、一定指示周波数のもとでの出力電圧と出力電流の関係を比較して示した図。

【図5】本発明に係わる周波数変換装置の他の構成を示したブロック図。

【図6】図5の目標電圧を求めるためのサブプログラムの流れ図である。

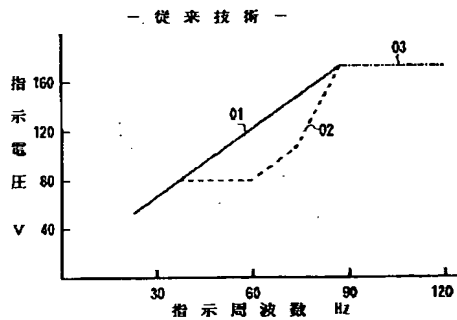
#### 【符号の説明】

- 01 定トルク特性のための指示電圧と指示周波数の関係、
- 02 低減トルク特性のための指示電圧と指示周波数の関係、
- 03 定出力特性のための指示電圧と指示周波数の関係、
- 04 負荷が重いときの周波数変換装置の最適な出力電圧と指示周波数の関係、
- 05 負荷が中位のときの周波数変換装置の最適な出力電圧と指示周波数の関係、
- 06 負荷が軽いときの周波数変換装置の最適な出力電圧と指示周波数の関係、
- 11 入力交流電圧、
- 12 コンバータ、
- 13 直流電圧、
- 14 インバータ、
- 15 出力電圧、
- 16 出力電流、

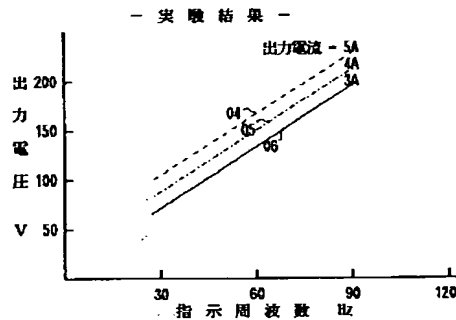
- 17 同期電動機、
- 18 電流センサ、
- 19 電圧センサ、
- 21 指示周波数、
- 23 電圧制御手段、
- 22 測定電流、
- 24 目標電圧、
- 25 測定電圧、
- 26 積分器手段、
- 27 指示電圧、
- 28 PWM信号エンコーダ、
- 29 クロック、
- 30 PCWM信号、
- 31 タイミング信号、

- 32 PWM信号デコーダ、
- 33 PWM信号、
- 35 減算器手段、
- 36 電圧偏差、
- 37 初期値入力、
- 41 従来の周波数変換装置の出力電圧に対する出力電流の関係、
- 42 本発明に係わる周波数変換装置の出力電圧に対する出力電流の関係、
- 43 指示電圧を増加したときの出力電圧対出力電流の軌跡、
- 44 指示電圧を減少したときの出力電圧対出力電流の軌跡。

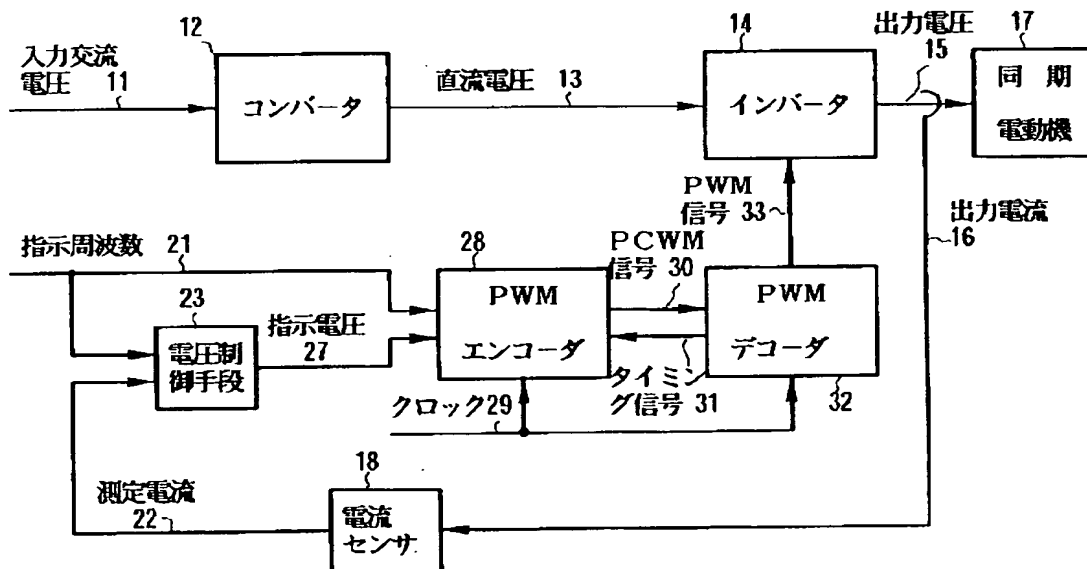
【図 1】



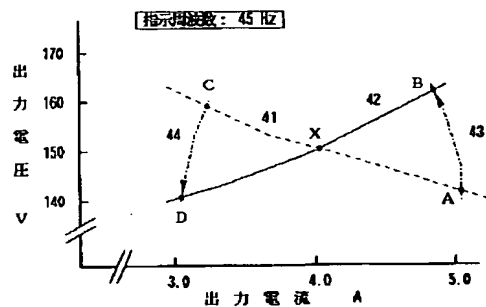
【図 2】



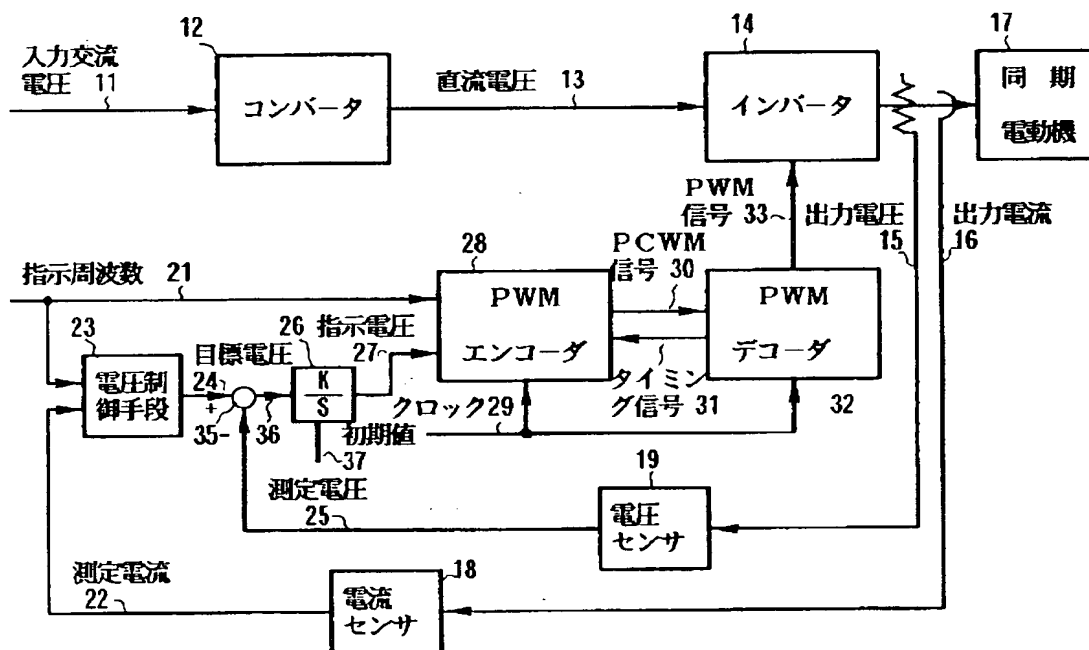
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

